

## **Special Instructions for Evidence Copy Box Identification**

Documents in this patent application scanned prior to the scan date of this document may not have a box number present in the database. The documents are in the same box as this paper. If the patent application documents that do not have a box number are stored in more than one box, a copy of this form is placed in each box. Check the database box number for each copy of this form to identify all of the evidence copy box numbers for documents that do not have a box number.

☒

**The documents stored in this box are original application papers scanned and endorsed by PACT and imported into IFW.**

☐

**The documents stored in this box were scanned into the IFW prototype for GAU 1634, 2827, or 2834.**

Indexer, place and X in only one box above to indicate the documents placed in this box that were previously scanned in PACR or IFW and will not be scanned again.

BEST AVAILABLE

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

00P 14753

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 16 189 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**D 07 B 7/10**  
H 01 B 13/02

21 Aktenzeichen: 198 16 189..1  
22 Anmeldetag: 14. 4. 98  
43 Offenlegungstag: 28. 10. 99

DE 198 16 189 A 1

71 Anmelder:  
Kühne + Vogel GmbH, 91154 Roth, DE

74 Vertreter:  
Götz, Küchler & Dameron, 90402 Nürnberg

72 Erfinder:  
Kühne, Reinhold, 90584 Allersberg, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE-OS 18 11 176  
EP 03 06 087 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 SZ-Verseilmaschine mit Einzelantrieben

57 Maschine zum reversierenden beziehungsweise SZ-Verseilen mindestens eines Verseilelements zu einem Verseilverband, mit einer Verseilstrecke, in der einem drehbaren Verseilorgan, beispielsweise gelochte Verseilscheibe, mehrere, zumindest zum Teil drehbare Führungsorgane, beispielsweise gelochte Führungsscheiben, für das oder die Verseilelemente vorgeschaltet sind, und mit mehreren Antriebseinheiten, die je einem drehbaren Führungs- und Verseilorgan einzeln zugeordnet sind, wobei die Antriebseinheiten durch ein gemeinsames elektronisches Synchronisationssystem zeit-, weg- und/oder winkelbezogen miteinander gekoppelt sind.

DE 198 16 189 A 1

Die Erfindung betrifft eine Maschine zum reversierenden bzw. SZ-Verseilen mindestens eines Verseilelements zu einem Verseilverband, mit einer Verseilstrecke, in der einem drehbaren Verseilorgan wie z. B. einer gelochten Verseilscheibe, mehrere zumindest zum Teil drehbare Führungsorgane, beispielsweise gelochte Führungsscheiben, für das oder die Verseilelemente vorgeschaltet sind, und mit mehreren Antriebseinheiten, die je einem drehbaren Führungs- und Verseilorgan einzeln zugeordnet sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren oder eine Verwendungsweise der Verseilmaschine zur Produktion eines Verseilverbands.

Verseilelemente können alle Arten von Drähten, Adern, Kabel, Glasfaserleiter, Schläuche oder auch bereits vorverseilte Produkte sein. Wie bekannt, werden die Verseilelemente der SZ-Verseilmaschine entweder mittels eines Ablaufsystems von bewickelten Spulenkörpern übergeben oder kontinuierlich direkt aus einem vorgeschalteten Fertigungsverfahren zugeführt (Inline-Verfahren). Der am Ausgang der SZ-Maschine resultierende Verseilverband (verseiltes Produkt) wird zur anschließenden Weiterverarbeitung abgebunden und auf Spulenkörper gewickelt oder direkt kontinuierlich mit einer oder mehreren Mantelschichten im Inline-Verfahren umspritzt (extrudiert).

Bei den derzeit bekannten Verfahren zur SZ-Verseilung werden die Verseilelemente zwischen einer eingangsseitigen Standscheibe und sich einer in einem Abstand der Verseilstrecke in Fertigungsrichtung befindlichen, rotierenden Verseilscheibe auf unterschiedliche Art und Weise zwischen der Standscheibe und der Verseilscheibe geführt, die jeweils Durchgangslöcher zur Aufnahme der Verseilelemente besitzen. Es ist bekannt, die Verseilelemente in länglichen Kunststoffschläuchen oder durch fadenförmige zugfeste Tragelemente mit daran befestigten Halteelementen (Keramikscheiben) oder durch einzelne Keramikscheiben zu führen, welche durch einen Kunststofftorsionsstab verbunden sind.

Der SZ-Verseileffekt wird insbesondere durch eine motorisch angetriebene, um die eigene Achse sich reversierend drehende Verseilscheibe erreicht. Dabei gelten folgende Zusammenhänge:

$N_{\text{SchlagS}}$  Anzahl der Schläge pro S-Richtung  
 $N_{\text{SchlagZ}}$  Anzahl der Schläge pro Z-Richtung.  
 Üblicherweise gilt,  $N_{\text{SchlagS}} = N_{\text{SchlagZ}}$ .

Für die Schlaglänge, an die hohe Genauigkeitsanforderungen gestellt werden, gilt:

$$S = V/N$$

wobei N die Drehzahl der Verseilscheibe und V die Abzugsgeschwindigkeit sind.

Es ist eine Kabelwickelmaschine bekannt (DE-Offenlegungsschrift 18 11 176), bei der zwischen der Verseilscheibe und der Standscheibe Führungsscheiben angeordnet sind, um die zu verseilenden Drähte getrennt zu halten. Die drehbaren Führungsscheiben unterliegen von den Drähten ausgeübten Kräften im gleichen Rhythmus, in dem die Legscheibe reversierend angetrieben ist. Wenn die Spannung in den Drähten zu gering ist, um die Führungsscheiben anzutreiben, werden diese synchron mit der Legscheibe derart angetrieben, daß die Winkelverlagerung aller Scheiben, beginnend mit der ersten Führungsscheibe, in jedem Augenblick im Verhältnis von

$$1\Phi/n : 2\Phi/n : 3\Phi/n : 4\Phi/n : \dots n\Phi/n$$

stehen, wobei  $\Phi$  die größte Winkelverlagerung nach links und nach rechts der Verseilscheibe und n die Anzahl der rotierenden Führungsscheiben unter Einschluß der Verseilscheibe ist. Um die genannten Winkelverhältnisse der Führungs- und Verseilscheiben untereinander in jedem Augenblick erzielen zu können, ist der Einsatz einer mechanischen Längswelle (Getriebe) mit einem den anzutreibenden Scheiben gemeinsamen Antriebsmotor bekannt.

Um die auf die Verseilelemente ausgeübten Zugkräfte zu verringern und höhere Verseilgeschwindigkeiten erzielen zu können, ist bei einer bekannten SZ-Verseilvorrichtung etwa der eingangs genannten Art (EP 0 306 087 B1) vorgeschlagen, für jede mehrere Führungsscheiben einen eigenen Antriebsmotor vorzusehen. Die Motordrehzahlen und Drehrichtungen sind voneinander unabhängig und auch unabhängig von der Drehgeschwindigkeit des Antriebsmotors der Verseilscheibe steuerbar. Im Rahmen einer Motorsteuerung wird in Abhängigkeit von einer gespeicherten Sollfunktion durch einen Spannungssteller, welcher von einer konstanten Eingangsspannung betrieben wird, eine solche Motorspannung gebildet, daß die Motor-Drehgeschwindigkeit entsprechend der Sollfunktion verläuft.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine SZ-Verseilmaschine in Einzelantriebstechnik zu schaffen, bei der in kostengünstiger Bauweise und mit hoher Präzision und Zuverlässigkeit eine Nachführung der drehbaren Führungsorgane bezüglich des drehbaren Verseilorgans unter minimaler mechanischer Belastung der Verseilelemente gegeben ist. Zur Lösung wird bei einer Verseilmaschine mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die einzelnen Antriebseinheiten durch ein gemeinsames, elektronisches, insbesondere digitalelektronisches Synchronisationssystem zeit-, weg- und/oder winkelbezogen miteinander gekoppelt sind.

Die überlieferte, von einem einzigen Antrieb bewegte, mechanische Längswelle, anhand derer die einzelnen Antriebsstationen der Führungs- und Verseilscheiben synchronisiert sind, wird also gleichsam durch eine "elektrische Längswelle" bzw. ein "digitalelektronisches Getriebe" ersetzt. Es gibt keine mechanische Verbindung mehr zwischen den Antriebsstellen, weder als Schlauchpaket, Scheibchen-speicher mit Drahtseilverbindung, Torsionsstab noch mechanischer Längswelle oder ähnlichem. Statt dessen wird eine elektrische Winkelsynchronisation vorgeschlagen, mit der sich die oben aus dem Stand der Technik genannten Winkelverhältnisse der Führungs- und Verseilscheiben untereinander mit erhöhter Präzision erzielen lassen. Es wird der Nachteil mechanischer Verbindungsteile mit hohem Verschleiß vermieden. Gegenüber dem Stand der Technik mit Einsatz von Schläuchen und Torsionsstäben beispielsweise läßt sich die Fertigungsgeschwindigkeit erhöhen. Schwingungen und Vibrationen können über das gesamte Verseilsystem reduziert werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß sich über die gesamte Verseilstrecke eine gleichmäßige, das Verseilgut schonende und insbesondere einstellbare Kraftverteilung realisieren läßt. Es ist eine exakte Kraftübertragung auch für große Leiterquerschnitte gegeben. Mechanische Reibung ist erheblich vermindert, und die Verseilparameter lassen sich hochgenau reproduzieren. Wie noch weiter unten konkreter dargestellt, läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Konzept synchronisierter Einzelantriebe ein modular aufgebautes System mit einer beliebigen Anzahl von Antriebsstellen verwirklichen. Durch die mechanische und elektrische Entkopplung der Antriebe von Abzugseinrichtungen wird ein Höchstmaß an Laufruhe für die Gesamtmaschine erreicht. Durch den erfindungsgemäßen Ersatz mechanischer Verbindungen zwischen Verseilorgan und den

einzelnen Führungsorganen sowie zwischen der Verseilscheibe und der Standscheibe durch den Einsatz von elektrisch einzeln angetriebenen, winkelsynchron gesteuerten, insbesondere geregelten Einzelscheibenantrieben sind sowohl höhere Produktionsgeschwindigkeiten erreichbar als auch die Verarbeitung größerer Verseilelemente als bisher möglich.

Gemäß eingangs genanntem Stand der Technik ist aufgezeigt, daß sich die vorgeschalteten Führungsorgane in ihrer Winkelstellung an dem Verseilorgan zu orientieren haben. Dem trägt eine Ausbildung der Erfindung Rechnung, nach der das Synchronisationssystem seine Ausgabewerte an die Antriebseinheiten auf der Basis des Wegs, der Winkelstellung, der Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Verseilorgans erzeugt. Dazu ist eine Anordnung von Winkel- und/oder Drehzahlgeber zweckmäßig, die eingangsseitig mit dem Antriebsmotor für das Verseilorgan und ausgangsseitig mit dem Synchronisationssystem verbunden sind.

In weiterer Konkretisierung des Erfindungsgedankens besitzt das Synchronisationssystem Kommunikationsmittel zu in Austausch zeit-, weg- und/oder winkelbezogener Informationen. Solche können insbesondere Soll- und Istwerte für eine Regelung der Antriebseinheiten sein. Diese besitzen dem Synchronisationssystem zugeordnete Schnittstellen, mit denen die Informationen empfangen und aufbereitet sowie Istwert-Informationen gesendet werden können.

Mit Vorteil sind die Kommunikationsmittel mit einem Sensor-Aktor-Bussystem, nachfolgend "Antriebsbussystem", realisiert. Hierfür sind Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle für Bus-Ringstrukturen zur integrierten Echtzeit-Kommunikation in der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik bekannt (vgl. z. B. "Simolink" oder "SERCOS-Interface"). Um den Anforderungen an zeitlich hoher Präzision und Schnelligkeit zu genügen, sind Bussysteme, die auf definierte Arbeitstakte synchronisiert sind (taktsynchrones Betriebsverhalten) asynchronen vorzuziehen. Die Verwendung einer seriellen Busstruktur hilft den Aufwand an Verdrahtung einzusparen und läßt sich angesichts der hohen Bit-Übertragungsraten, die heutzutage mit Lichtleitern möglich sind, entsprechend den Dynamikvorgaben bewerkstelligen. Bei der Ringstruktur kann einer der Busteilnehmer, beispielsweise eine mit entsprechender Schnittstelle ausgestattete Antriebseinheit, die Rolle des Busmasters übernehmen, der dann in festen Zeitabständen den Arbeitstakt vorgibt, auf den sich die anderen Teilnehmer bzw. Antriebseinheiten synchronisieren können.

Im Rahmen der Erfindung ist unter "Synchronisationssystem" weniger eine Hardwareeinheit, als vielmehr ein Softwaremodul zu verstehen, das teilweise auf der Hardware des Antriebsbusses und teilweise auf der Hardware der Antriebseinheiten, insbesondere im Zusammenhang mit deren Schnittstellen zu den Kommunikationsmitteln bzw. dem Bussystem abläuft.

Damit von einer zentralen Leitsteuerung einer größeren Produktionsanlage aus auf die jeweilige Verseilmachine zugegriffen werden kann, ist nach einer Ausbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Antriebseinheiten der Verseilmachine zusätzlich mit einem Feldbussystem verbunden sind. Dieses ist im Rahmen einer geschichteten Architektur einer computergestützten Fertigung auf einer höheren Ebene als das Synchronisationssystem bzw. dessen Antriebsbus angesiedelt.

Wichtig für eine SZ-Verseilmachine sind am Anfang der Fertigungsstrecke die Einschubwalze und am Ausgang die Abzugseinrichtung. Wenigstens die Abzugseinrichtung ist ebenfalls möglichst winkelsynchron zum Verseilvorgang anzutreiben bzw. zu drehen. Unter diesen Gesichtspunkten

besteht eine Ausbildung der Erfindung darin, daß mit dem Synchronisationssystem, gegebenenfalls dessen Kommunikationsmittel und/oder dem Antriebsbussystem, weitere Antriebseinheiten gekoppelt sind, die der Einschub- und/oder Abzugseinrichtung der Verseilmachine zugeordnet sind.

Zur Lösung der eingangs genannten Erfindungsaufgabe wird im Rahmen der allgemeinen erfinderischen Idee auch ein Betriebsverfahren für bzw. eine Verwendung der erfindungsgemäßen Verseilmachine vorgeschlagen, das sich dadurch auszeichnet, daß im Synchronisationssystem eine den Antriebseinheiten gemeinsam zugeordnete virtuelle Leitachse generiert wird. Dies kann entweder in einem der Antriebseinheiten selbst oder in einem gesonderten Rechner erfolgen, der kommunikationstechnisch mit Rechnerschnittstellen der Antriebseinheiten verbunden ist. Mit diesem Verfahrenskonzept können die einzelnen Antriebseinheiten der zu drehenden Komponenten der Verseilmachine rechnerisch ermittelten Sollwerten, nämlich "Leitachswerten" folgen.

Die der Sollwertvorgabe dienenden Leitachswerte können nach einer Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Drehwinkel- und/oder Winkelgeschwindigkeitswerte des Verseilorgans bestimmt und an die Antriebseinheiten übertragen werden. Dies kann gemäß nach stehender Beziehung erfolgen:

$$\Phi_{N\text{soll}} = \int \omega_{\text{ist}}(t) dt$$

wobei  $\omega(t)$  die zeitabhängige Ist-Winkelgeschwindigkeit des Verseilorgans ist.

Nach einer weiteren Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Leitachs- bzw. Sollwerte für die einzelnen Antriebseinheiten jeweils aus einem Soll- oder Istwert einer Abzugsgeschwindigkeit der Verseilelemente zweckmäßig gemäß nachstehender Beziehung gewonnen:

$$\Phi_{N\text{soll}} = (1/S) \cdot \int V(t) dt$$

wobei  $V(t)$  die über die zeitvariable Abzugsgeschwindigkeit und  $S$  die konstante Schlaglänge sind.

Die kommunikationstechnische Übermittlung dieser Werte an die Antriebseinheiten kann der oben genannte, insbesondere serielle digitale Antriebsbus mit zeitlich taktsynchronem Verhalten übernehmen. Eine Vereinfachung ergibt sich, wenn das Antriebsbussystem primär als reiner Datenbus ausgeführt ist. Damit läßt sich die Notwendigkeit von Zieladressen vermeiden. Jeder Busteilnehmer bzw. Antriebseinheit entscheidet selbständig, ob empfangene Informationen für ihn relevant und deshalb weiterzuverarbeiten sind. Dazu ist die Eichung der Busteilnehmer auf einem gemeinsamen Bustakt vorteilhaft. Dies dient auch der Beherrschung der bei Verseilprozessen auftretenden, zeitlich schnellen bzw. hochdynamischen Vorgänge: Durch die zeitliche Synchronisation der Bustübertragung lassen sich Übertragungszeitpunkte und -intervalle präzise definieren. Allerdings müssen dann zwischen zwei Synchron-Taktsignalen möglichst viele Daten übertragen werden, was hohe Anforderungen an die Übertragungsrate stellt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale, Vorteile und Wirkungen auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie aus den Zeichnungen. Diese zeigen in jeweils schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine gerätetechnisch veranschaulichte Prinzip-Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen SZ-Verseilmachine mit Einzelantrieben und virtueller Leitachse,

Fig. 2 die Drehzahl-Beträge unterschiedlicher Führungs- bzw. Verseilorgane, aufgetragen über die Verseilstrecke  $x$ ,

Fig. 3 ein Block-Schema für die Kommunikation und Regelung einer Antriebseinheit nach der Erfindung,

Fig. 4 das für die Erfindung verwendete Datenübertragungs-Schema des Antriebsbusses,

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verwendung der SZ-Verseilmaschine gemäß Fig. 14.

Gemäß Fig. 1 werden im dargestellten Beispiel vier Verseilelemente 1 in Fertigungs- bzw. Durchlaufrichtung 2 über Einschubwalzen 3, die der zugmäßigen Entkopplung der Verseilelemente 1 dienen, einer Verseilstrecke x zugeführt. Diese besteht aus  $n=4$  durchbohrten Lochscheiben 41, 42, 43, 44, die in Verseilstützen 5 drehbar gelagert sind. Jede Lochscheibe 41–44 ist grundsätzlich von einem Drehstromservomotor 6 mit Resolver oder Encoder über Zahnriemen 7 angetrieben. Die Anzahl der Lochscheiben 41–44 ist abhängig von der Gesamtlänge der Verseilstrecke x, wofür gilt:

$$x > N_{\text{schlagmax}} \times S_{\text{max}}$$

Im allgemeinen wird die erste Scheibe 41 stationär bzw. stillstehend gehalten, also besitzt diese eine Drehzahl  $N=0$  U/min. In Fertigungsrichtung 2 gesehen ist die letzte Lochscheibe 4 die Verseilscheibe bzw. das Verseilorgan, während die anderen Führungsfunktionen ausfüllen bzw. Führungsorgane sind. Die Verseilscheibe 44 bestimmt letztendlich die Schlaglänge S des Produktes, wofür gilt:

$$S = V/N_4 \quad (1)$$

Für den Drehwinkel  $\Phi_4$  der Verseilscheibe gilt:

$$\Phi_4 = \int \omega_4 \cdot dt \quad (2)$$

In S-Richtung durchläuft  $\Phi_4$  positive, in Z-Richtung negative Werte (vgl. Fig. 2).

Gemäß Fig. 1 werden am Ausgang der Verseilstrecke x die Verseilelemente 1 in einem Verseilnippel 8 zusammengefaßt und von dort einer Abzugseinrichtung 8a zugeführt, die als Torsionssperre dient. Die Einschubwalze 3 sowie die Abzugseinrichtung 8a sind ebenfalls mit Drehstrom-Servomotoren 6 zu ihrem Antrieb versehen. Jeder Motor 5 wird von einem Frequenzumrichter 9 mit darin eingebautem Mikroprozessor angesteuert, kontrolliert bzw. geregelt. Letzterer besitzt Schnittstellen sowohl zu einem Antriebsbus 10 auf Aktor/Sensor-Ebene als auch zu einem Feldbus 11 auf der nächsthöheren Ebene einer geschichteten Netzwerk-Architektur. Alle Frequenzumrichter 9 sind an die beiden Bussystemen 10, 11 vorzugsweise mit Parallelverhalten angekoppelt.

In Fig. 2 ist die relative Winkellage der Lochscheiben 41–44 zueinander gemäß Vorgabe durch die virtuelle Leitachse veranschaulicht. Bei der als Verseilorgan dienenden letzten Lochscheibe 44 kann der maximale Winkelausschlag  $\Phi_4 \pm 360^\circ$  betragen, während er sich rückwärts bis zum Anfang der Verseilstrecke x linear über  $\Phi_3 = \pm 240^\circ$ ,  $\Phi_2 \pm 120^\circ$  bis auf  $\Phi_1 = 0^\circ$  für die stillstehende erste Loch- bzw. Standardscheibe 41 vermindert. Entsprechend erniedrigen sich die Winkelgeschwindigkeiten mit zugehörigen Drehzahlen  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  für die jeweiligen Lochscheiben 41–44. Die Schräglage der beiden Geraden bzw. Einhüllenden 12, welche die Beträge des Winkelversatzes  $\Phi_n$  und der Drehzahl  $N_n$  für die drehbaren Führungsscheiben 42, 43 bestimmt, hängt wesentlich vom Drehverhalten der Verseilscheibe 44 ab. Also müssen im praktischen Verseilbetrieb die Drehwinkel und Drehzahlen der als Führungsorgane dienenden Lochscheiben 42, 43 der Bewegung der Verseilscheibe 44 nach einem bestimmten Algorithmus folgen. Dabei gilt für die Bewegungsgleichung einer drehbaren Loch- bzw. Füh-

rungsscheibe 42, 43:

$$\Phi_n = f_n(\Phi_4)$$

$$\omega_n = f_n(\omega_4)$$

Dabei ist gemäß obigen Gleichungen (1) und (2) der Drehwinkel  $\Phi_4$  der Verseilscheibe 44 eine Funktion der Abzugsgeschwindigkeit V.

In Fig. 3 ist das Blockschaltbild einer Antriebseinheit mit Elektromotor 6 für eine beliebige, drehbare Lochscheibe 4 dargestellt. Danach wird der Antriebseinheit ein Solldrehwinkel  $\Phi_{\text{NSoll}}$  vom Antriebsbus 10 aus mitgeteilt. Gleiches gilt für einen Drehzahlsollwert  $\omega_{\text{NSoll}}$  im vorliegenden Beispiel. Die Berechnung dieser Sollwerte kann mit einem Mikroprozessor in einem der Frequenzumrichter 9 der Antriebseinheiten erfolgen. Diesem berechneten Sollwinkel bzw. Solldrehzahl folgen alle anderen Antriebseinheiten des Antriebsverbandes, sie folgen somit einer virtuellen Leitachse im Rahmen des Erfindungskonzeptes. Damit jeder einzelne Lochscheibenantrieb der vorgegebenen Bewegungsfunktion  $\Phi_n(t)$  präzise folgt ist im Rahmen der Erfindung der Antriebsdatenbus 10 streng takt synchron betrieben. Der auf Lichtwellenleiter als physikalischem Übertragungsmedium basierende Antriebsdatenbus verbindet die Antriebseinheiten-Teilnehmer vorzugsweise in einer Ringstruktur. Ein Teilnehmer (z. B. die Antriebseinheit bzw. der Frequenzumrichter 9 der Verseilscheibe 44) kann die Rolle eines Dispatchers übernehmen. Alternativ kann der Dispatcher mit einer Antriebseinheit einer anderen drehbaren Lochscheibe oder mit einem gesonderten Hardwaremodul realisiert sein. Gemäß Fig. 4 erzeugt der Dispatcher den Takt in Form eines Synchronisationstelegrammes mit Synchronisationszeichen SYNCH und steuert damit den Datenverkehr auf dem Antriebsdatenbus 10. Eine Bus-Datenübertragungsrate von 11 MBit/sec ist zweckmäßig. Weitere Einzelheiten zum Datenübertragungsprotokoll sind dem Fachmann aus Fig. 4 ohne weiteres verständlich.

Gemäß Fig. 1 verbindet der Antriebsdatenbus 10 alle Antriebseinheiten 6, 9 mit Frequenzumrichter 9 der Verseilstrecke x einschließlich der Einschubwalze 3 und der Abzugseinrichtung 8a. Die Schnittstellen der Mikroprozessoren lesen bei Aussendung des Synchronstelegrammes (Beginn mit Signal SYNCH) die benötigten Sollwerte  $\Phi_{\text{NSoll}}$ ,  $\omega_{\text{NSoll}}$  ( $N=4$  im Beispiel) ein und schreiben Istwerte  $\Phi_{\text{Nist}}$ ,  $\omega_{\text{Nist}}$  auf den Bus (vgl. Fig. 3). Auf diese Weise sind dem System alle Zeitverzögerungen als feste Totzeit bekannt und können kompensiert werden. Das Ergebnis ist ein hochdynamisch winkelgetreues Verhalten der Lochscheiben 41–44 untereinander und im Verhältnis zum Verseilantrieb, wie es beispielsweise nach Fig. 2 spezifiziert ist.

Gemäß Fig. 3 werden über Telegrammschnittstellen 12 vom Antriebsbus 10 gelesene Sollwertdaten  $\Phi_{\text{NSoll}}$ ,  $\omega_{\text{NSoll}}$  in einen Funktionsbaustein "Sollwertaufbereitung" 13 gelesen. In diesem ist die oben genannte Funktion  $f_n$  ( $n = 1, \dots, 4$ ) implementiert. Diese kann entweder wie dargestellt vom überlagerten Feldbus 11 eingelesen werden, oder in dem Funktionsbaustein "Sollwertaufbereitung" 13 hinterlegt sein. Die Vorgabe der Funktion  $f_n$  ist zeitunkritisch und erfolgt beispielsweise bei Produktwechsel. In der Sollwertaufbereitung 13 werden die vom Antriebsbus 10 gelesenen Sollwerte zu in internen Winkelsollwert  $\Phi_{\text{nSoll}}$  und zu in internen Geschwindigkeitssollwert  $\omega_{\text{nSoll}}$  entsprechend der Funktion  $f_n$  umgeformt. Die Ergebnisse werden einem Winkellagereger 14 und einem Drehzahlregler 15 zugeführt. Diese besitzen zusätzlich Istwert-Eingänge 16, die dem Ausgang eines Drehzahlgebers und/oder Winkellagegebers 17 zugeordnet sind, der das Drehverhalten des Servomotors

6 abtastet. Zwischen dem Istwerteingang 16 des Winkellagereglers 14 und dem Ausgang des Gebers 17 ist ein weiterer Funktionsbaustein "Lageistwertaufbereitung" 18 eingefügt, über den mittels einer damit kombinierten Ausgangsschnittstelle 19 vom Geber 17 abgeleitete Istwert-Daten für Winkellage  $\Phi_{\text{Ist}}$  und Drehzahl  $\omega_{\text{Ist}}$  auf den Antriebsbus 10 gesendet werden können. Der Frequenzumrichter 9 ist in an sich bekannter Weise mit einem Stromregler 20 und einem diesem nachgeschalteten Wechselrichter-Steuersatz 21 ausgebildet, dessen Ausgang in den Leistungsteil 22 des Frequenzumrichters 9 geführt ist.

Die erfindungsgemäße Funktions- bzw. Verfahrensweise wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und Fig. 5 näher erläutert:

Darin ist eine lineare Aufteilung des Verseildralls über die Verseilstrecke x dargestellt, entsprechend Fig. 2. In einem solchen Fall entspricht die Funktion  $f_n$  einer linearen Beziehung:

$$\Phi_n = \frac{n-1}{N-1} \cdot \Phi_N$$

Mit  $N = 4$  gilt für

$n = 1: \Phi_1(t) = 0^\circ$ -Standscheibe

$n = 2: \Phi_2(t) = 1/3 \cdot \Phi_N$

$n = 3: \Phi_3(t) = 2/3 \cdot \Phi_N$

$n = 4: \Phi_4(t) = \Phi_N$ -Verseilscheibe.

Anhand der in den Scheiben 41-44 für die Periodenzeitpunkte  $t=0, t=1/2, t=T$  jeweils eingezeichneten Stellungen der Quadranten 23 ist erkennbar, daß vom maximalen Winkelausschlag  $\Phi_4 = 360^\circ$  ausgehend für die vorausliegenden Scheiben 43, 42, 41 ein maximaler Winkelausschlag bei  $t=T$  von  $\Phi_3 = 240^\circ$  und  $\Phi_2 = 120^\circ$  und  $\Phi_1 = 0^\circ$  ergibt. Für  $t=1/2 T$  ergeben sich  $\Phi_4 = 180^\circ, \Phi_3 = 120^\circ, \Phi_2 = 60^\circ$  und  $\Phi_1 = 0^\circ$ . Diese unterschiedlichen Winkelausschläge  $\Phi_1, \dots, \Phi_4$  werden von der virtuellen Leitachse über einen gemeinsamen Sollwert  $\Phi_{\text{N Soll}}$  für die Zeitpunkte  $T=0, \dots, T=1/2, \dots, T=T$  den einzelnen Antriebseinheiten über den Antriebsbus 10 für die Lochscheiben 41-44 vorgegeben. Dieser den Antriebseinheiten als gemeinsamer Leitachswert vorzugebende Sollwert  $\Phi_{\text{N Soll}}$  wird von der virtuellen Leitachse aus dem Integral über die Abzugsgeschwindigkeit  $V$  geteilt durch die Schlaglänge  $S$  (siehe obige Formeln (1) und (2)) berechnet. Es ist dann Aufgabe jeder einzelnen Achse bzw. einzelnen Antriebseinheit, aus der Vorgabe  $\Phi_{\text{N Soll}}$  gemäß der eigenspezifischen Funktion  $f_n$  im Sollwertaufbereitungsmodul 13 den eigenen internen Winkellagesollwert  $\Phi_{\text{asoll}}$  zu berechnen. Entsprechendes gilt für den eigenspezifischen, internen Drehzahlsollwert  $\omega_{\text{nsoll}}$ .

#### Bezugszeichenliste

- 1 Verseilelement
- 2 Fertigungsrichtung
- 3 Einschubwalzen
- 4, 41-44 Lochscheiben
- 5 Verseilstütze
- 6 Motor
- 7 Zahnriemen
- 8 Verseilnippel
- 8a Abzugseinrichtung
- 9 Frequenzumrichter
- 10 Antriebsbus
- 11 Feldbus
- 12 Telegramm-Schnittstelle
- 13 Sollwertaufbereitung
- 14 Winkellageregler

- 15 Drehzahlregler
- 16 Ist-Wert-Eingänge
- 17 Geber
- 18 Aufbereitung, Istwert
- 19 Ausgangsschnittstelle
- 20 Stromregler
- 21 Wechselrichter-Steuersatz
- 22 Leistungsteil
- 23 Quadrant
- x Verseilstrecke
- SYNCH Synchronisationstelegramm

#### Patentansprüche

1. Maschine zum reversierenden beziehungsweise SZ-Verseilen mindestens eines Verseilelements (1) zu einem Verseilverband, mit einer Verseilstrecke (x), in der einem drehbaren Verseilorgan (44), beispielsweise gelochte Verseilscheibe (44), mehrere, zumindest zum Teil drehbare Führungsorgane (41, 42, 43), beispielsweise gelochte Führungsscheiben (41, 42, 43), für das oder die Verseilelemente (1) vorgeschaltet sind, und mit mehreren Antriebseinheiten (6, 9), die je einem drehbaren Führungs- und Verseilorgan (42, 43, 44) einzeln zugeordnet sind, **da durch gekennzeichnet**, daß die Antriebseinheiten (6, 9) durch ein gemeinsames elektronisches Synchronisationssystem zeit-, weg- und/oder winkelbezogen miteinander gekoppelt sind.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Synchronisationssystem auf den Weg, die Winkelstellung, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Verseilorgans (44) bezogen ist.
3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Verseilorgan (44) verbundene Antriebseinheit (6, 9) einen mit ihrem Antriebsmotor (6) und/oder der Drehung des Verseilorgans (44) gekoppelten Winkel- und/oder Drehzahlgeber (17) aufweist, mit dem das Synchronisationssystem eingangsseitig gekoppelt ist.
4. Maschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Synchronisationssystem Kommunikationsmittel zum Austausch zeit-, weg- und/oder winkelbezogener Informationen, insbesondere von Soll- und Istwerten ( $\Phi_{\text{N Soll}}$ ;  $\omega_{\text{N Soll}}$ ) für eine Regelung der Antriebseinheiten (6, 9), und die Antriebseinheiten dem Synchronisationssystem zugeordnete Schnittstellen (12, 19) zum Empfang, Senden und zur Aufbereitung solcher Informationen aufweisen.
5. Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationsmittel mit einem vorzugsweise seriellen Antriebsbussystem (10) insbesondere in Ringstruktur und/oder mit zeitlich taktsynchronem Verhalten (SYNCH) realisiert sind, mit dem die Antriebseinheiten (6, 9) über die Schnittstellen (12, 19) gekoppelt sind.
6. Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsbussystem (10) nach einer Dispatcherstruktur und/oder hierarchisch nach einer Master/Slave-Struktur organisiert ist, wobei eine Antriebseinheit (6, 9) als zumindest Teil des Synchronisationssystems als Dispatcher und/oder Master den Antriebsbus (10) dominiert und/oder für diesen einen Synchronkontakt (SYNCH) vorgibt.
7. Maschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Synchronisationssystem auf den Antriebseinheiten (6, 9), insbesondere auf der des Verseilorgans (44), in Verbindung mit der oder den Schnittstellen (12, 19), und/oder auf dem Antriebsbussystem

(10) als Softwaremodul implementiert ist.

8. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit (6, 9) ein mit der Schnittstelle (12) verbundenes Aufbereitungsmodul (13) besitzt, in das ein Algorithmus zur Verarbeitung der Informationen hinterlegt oder aktuell einlesbar ist.

9. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheiten (6, 9) zusätzlich mit einem Feldbussystem (11) höherer Ebene als das Synchronisationssystem oder gegebenenfalls der Antriebsbus (10) verbunden sind.

10. Maschine nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbereitungsmodul (13) über die Schnittstelle (12) mit dem Feldbussystem (11) gekoppelt ist.

11. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit (6, 9) einen mit ihrem Antriebsmotor (6) gekoppelten Winkel- und/oder Drehzahlgeber (17) und einen mit diesem eingangsseitig verbundenen Winkel- und/oder Drehzahlregler (14, 15) aufweist, die eingangsseitig über die Schnittstelle (12) mit dem Synchronisationssystem, gegebenenfalls dessen Kommunikationsmitteln und/oder dem Antriebsbussystem (10) gekoppelt sind.

12. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das in einer Durchlaufrichtung (2) für die Verseilelemente (1) gesehene erste Führungsorgan (41) unbewegt beziehungsweise stationär gehalten ist.

13. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Synchronisationssystem, gegebenenfalls dessen Kommunikationsmitteln und/oder dem Antriebsbussystem (10), weitere Antriebseinheiten für eine Einschub- und/oder Abzugseinrichtung (3, 8a) gekoppelt sind.

14. Verfahren zum Betrieb oder-zur Verwendung der Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Synchronisationssystem eine virtuelle Leitachse generiert wird, die den Antriebseinheiten (6, 9) gemeinsam zur Sollwertvorgabe zugeordnet ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14 für die Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als virtuelle Leitachs- beziehungsweise Sollwerte ( $\Phi_{N\text{soll}}$ ,  $\omega_{N\text{soll}}$ ) die Drehwinkel- und/oder Winkelgeschwindigkeitswerte ( $\Phi_4$ ,  $\omega_4$ ) des Verseilorgans (44) ermittelt und den Antriebseinheiten mitgeteilt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitachs- beziehungsweise Sollwerte ( $\Phi_{N\text{soll}}$ ,  $\omega_{N\text{soll}}$ ) jeweils aus einem Soll- oder Istwert einer Abzugsgeschwindigkeit (V) der Verseilelemente (1) in Verbindung mit einer Schlaglänge für die Verseilelemente (1) errechnet werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14, 15 oder 16 für die Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Leitachs- beziehungsweise Sollwerte ( $\Phi_{N\text{soll}}$ ,  $\omega_{N\text{soll}}$ ) in jeder Bus-Takteinheit (SYNCH) erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 17 und 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß für die Bestimmung der Leitachs- beziehungsweise Sollwerte ( $\Phi_{N\text{soll}}$ ,  $\omega_{N\text{soll}}$ ) diejenigen Istwerte für die Abzugsgeschwindigkeit (V) und/oder Drehzahl ( $\omega_4$ ) des Verseilorgans (44) verwendet werden, die zuletzt ermittelt und/oder gemessen wurden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18 für die Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

daß in zumindest den Antriebseinheiten (6, 9), die den Führungsorganen (42, 43) zugeordnet sind, das Aufbereitungsmodul (13) nach einem eigen spezifischen Algorithmus den Verseilorgan-Drehwinkel- und/oder -Winkelgeschwindigkeitswert ( $\Phi_4$ ,  $\omega_4$ ) oder eine darauf oder auf die Abzugsgeschwindigkeit (V) basierende Sollwertvorgabe ( $\Phi_{N\text{soll}}$ ,  $\omega_{N\text{soll}}$ ) in einen internen Sollwert ( $\Phi_{\text{asoll}}$ ,  $\omega_{N\text{dsoll}}$ ) für Winkelstellung und -geschwindigkeit umrechnet.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19 für die Maschine nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die taktweise Aufgabe (SYNCH) von Synchrontelegrammen mit Sollwertinformationen auf das Antriebsbussystem (10) für die Antriebseinheiten (6, 9).

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---



- Leerseite -

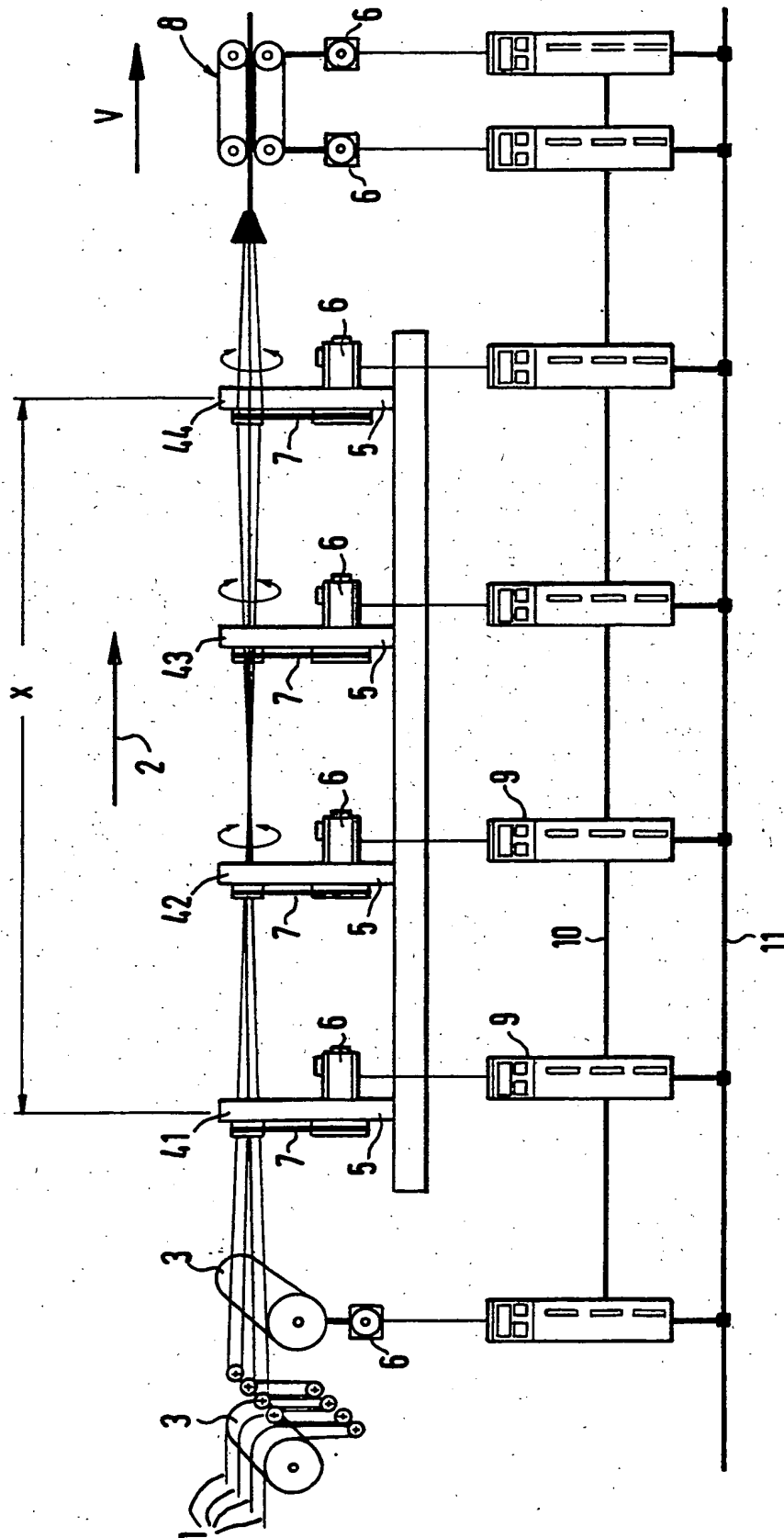


FIG. 1

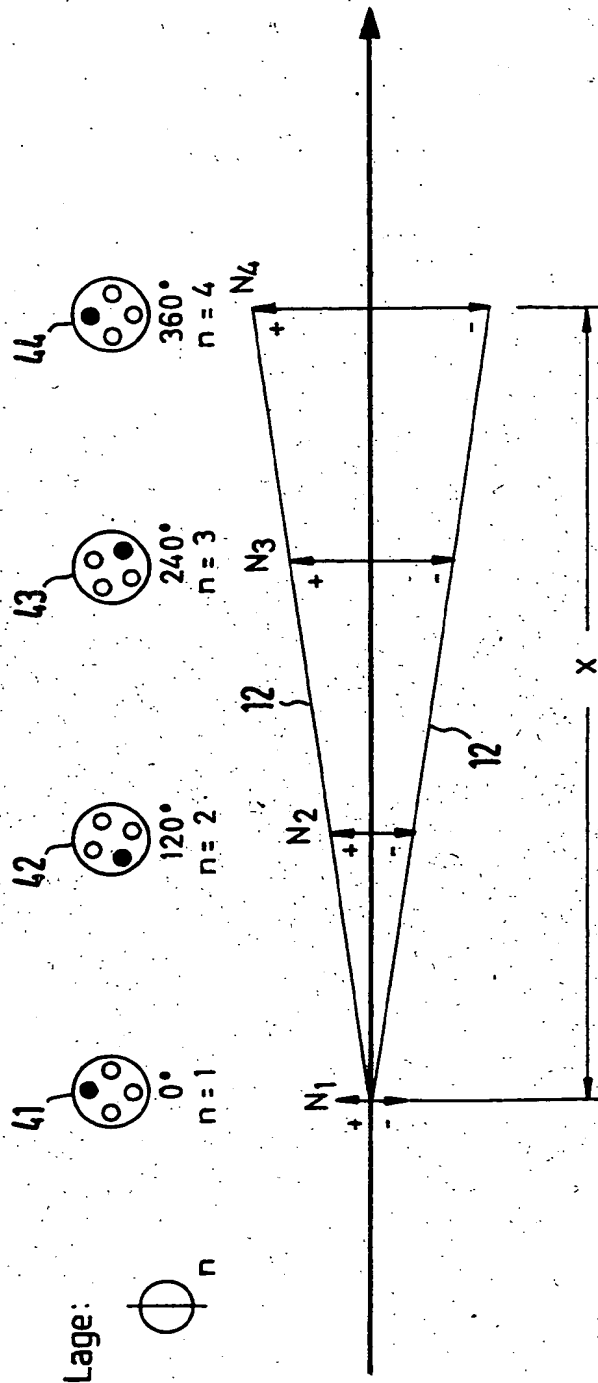


FIG. 2

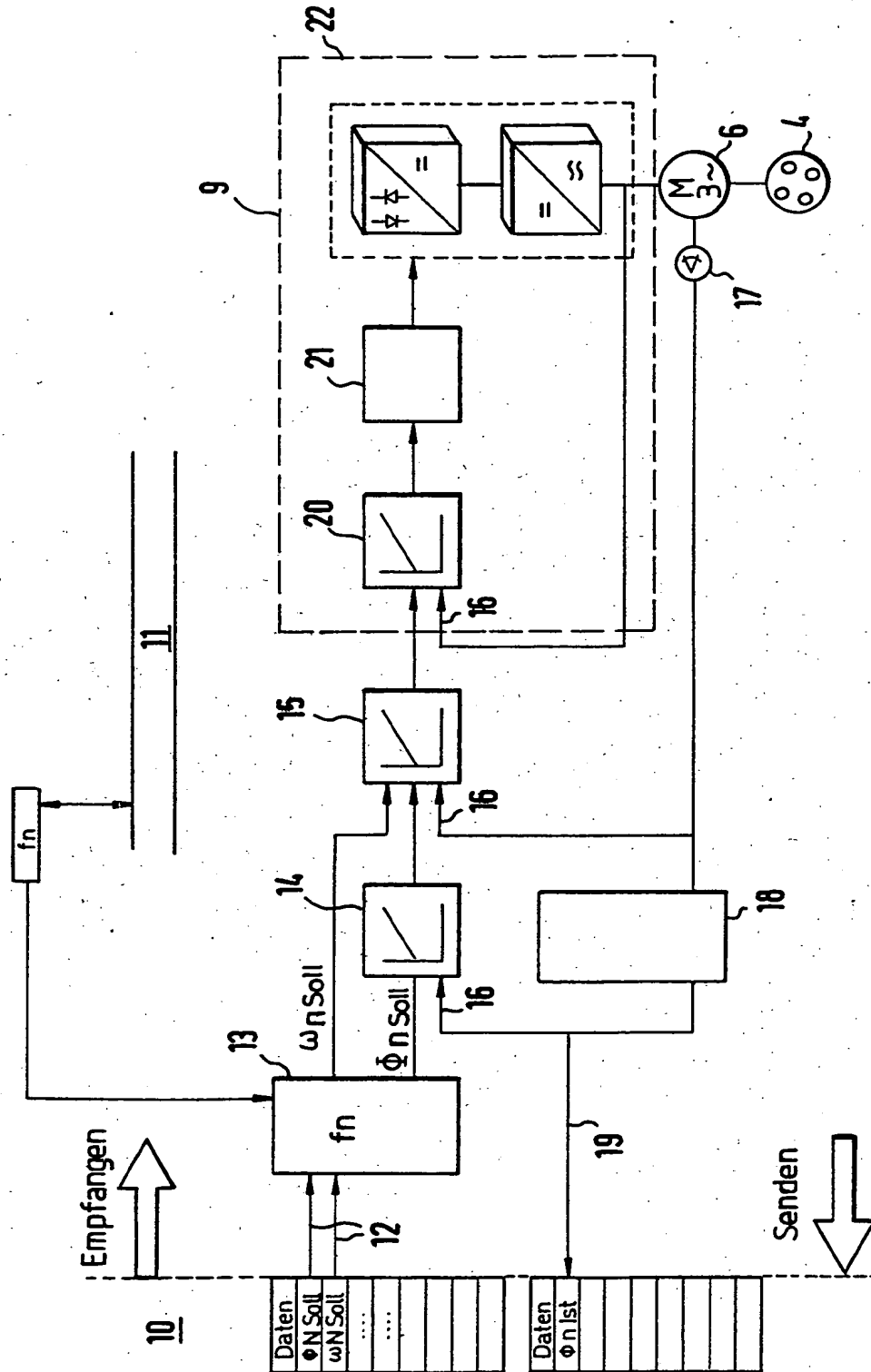


FIG. 3

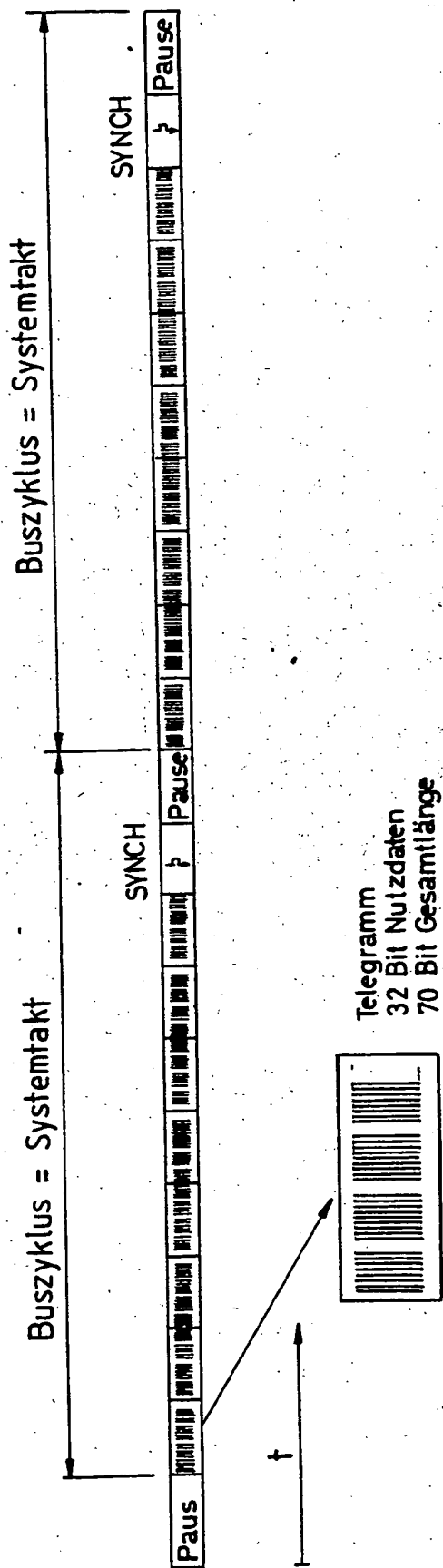


FIG. 4

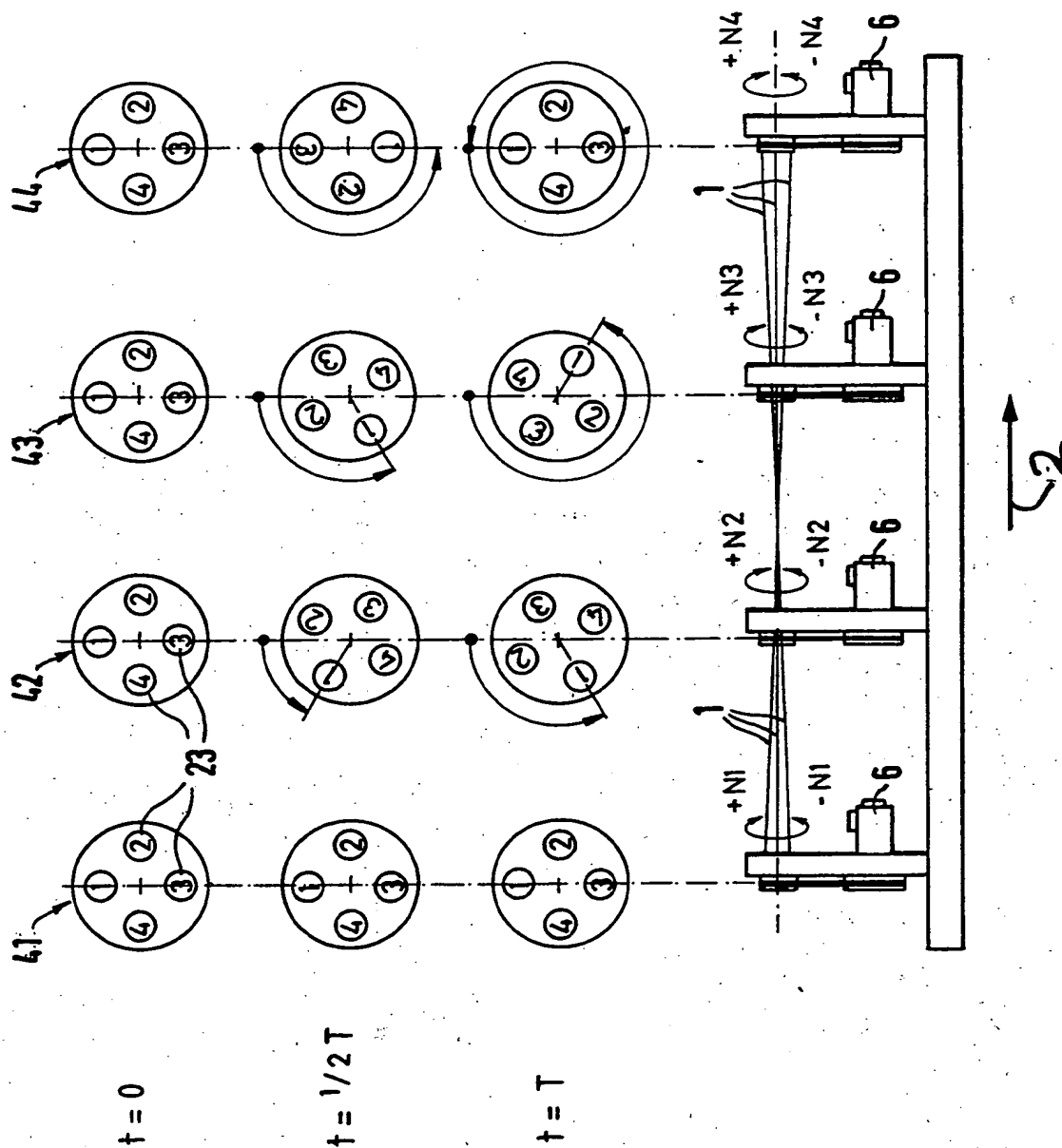


FIG. 5